

5. DISKUSSION:

5.1 Zur Untersuchung der physikalischen Auswirkungen der Trachtenhochstellung

Ziel dieser Arbeit war es, die Wirkung der Trachtenhochstellung zu überprüfen. Bei einer akuten Hufrehe mit Durchblutungsstörung in den Kapillaren und anschließender Schädigung des Hufbeinträgers kann es zu einer Ablösung des Hufbeines im dorsalen Bereich kommen. Eine Absenkung oder Rotation des Hufbeines ist die Folge. Diese Lageveränderungen des Hufbeines führen zu sekundären Durchblutungsstörungen und bedingen langfristig Störungen in der Hornproduktion (verbreitete weiße Linie, lose Wand).

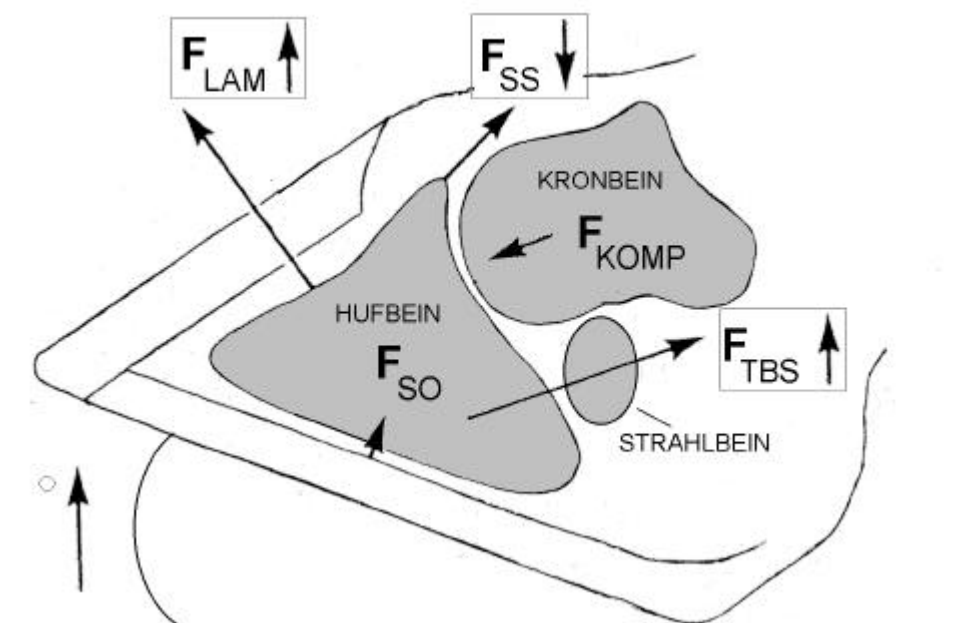


Abbildung 51a:

Wirkung einer Hochstellung der Hufspitze auf die Strecksehne, Hufbeinträger und tiefe Beugesehne
(mod. nach LEACH, 1983)

Durch die beidseitige Aufhängung des Hufbeines (im Dorsalbereich durch die Primär- und Sekundärblättchen, dem sogenannten Hufbeinträger, und im palmaren bzw. plantaren Bereich durch die TBS) besteht ein Gleichgewichtsverhältnis. Betrachtet man diese Biomechanik im Stand (statische und nicht dynamische Komponente), wird die ausgeübte Zugkraft im Dorsalbereich mit der des Plantar- bzw. Palmarbereiches ausgeglichen. Der

Hufbeinträger wandelt die auf das Hufbein einwirkende Körperlast in eine Zugkraft um (BUDRAS und HUSKAMP, 1999).

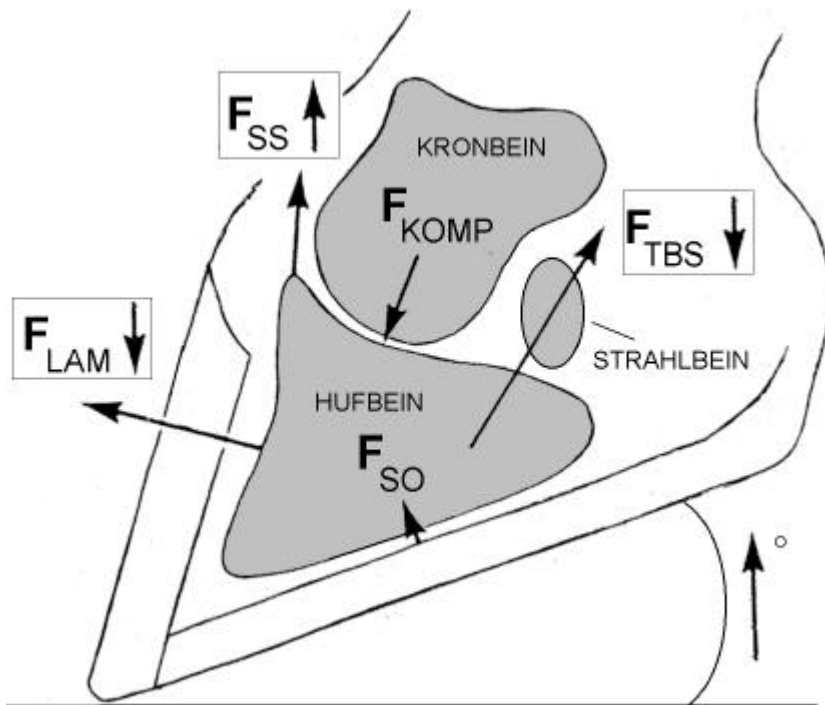


Abbildung 51b:

Wirkung einer Hochstellung der Trachte auf die Strecksehne, Hufbeinträger und tiefe Beugesehne (mod. nach LEACH, 1983)

(F_{TBS} =tiefe Beugesehne, F_{SS} =Strecksehne, F_{LAM} =Primär- und Sekundärröhrenchen, F_{KOMP} =Druck durch Kronbein, F_{SO} =Druck durch die Sohle)

Die Erhöhung des Winkels zwischen Boden und Tragrand eines Hufes (Abb. 51a, 51b) führt zu Änderungen der Zugverhältnisse an der Streck- und tiefen Beugesehnen (DENOIX, 1993). Die Winkeländerung im Hufspitzenbereich im Sinne einer Überstreckung des Hufgelenkes (Abb. 51a) führt zu einer vermehrten Zugwirkung auf die TBS ($F_{TBS} \uparrow$), die OBS bleibt unberührt, und die Strecksehne wird entlastet ($F_{SS} \downarrow$). Umgekehrt führt eine Winkeländerung im Trachtenbereich im Sinne einer Beugestellung im Hufgelenk (Abb. 51b) zu einer vermehrten Zugwirkung auf die Strecksehne ($F_{SS} \uparrow$) und somit zu einer Entlastung der TBS ($F_{TBS} \downarrow$), die OBS bleibt ebenfalls unberührt (LEACH, 1983). Dieses entgegengesetzt wirkende Prinzip sollte beim Einsatz orthopädisch-therapeutischer Maßnahmen bedacht werden. Schädigungen an der TBS sollten keinesfalls mit einer erhöhten Zugwirkung durch eine Kürzung der Trachten oder Erhöhung der

Hufspitze erfolgen, sondern durch die Erhöhung der Trachten. Klassische Überlegung zu dieser Theorie bleibt die Therapie der Hufrehe. ROONEY (1980) empfiehlt das Abraspeln der Hufspitze und die Trachtenhochstellung bei der chronischen Hufrehe, denn die Zugwirkung auf die TBS wird so reduziert und der Hufbeinträger entlastet. FORSELL (1943) wiederum beschreibt die Trachtenhochstellung durch einen Keil mit der Folge einer Hyperextension des Fesselgelenkes und somit einer erhöhten Zugwirkung auf die Beugesehnen. Diese Theorie konnte allerdings wissenschaftlich nicht bestätigt werden (LEACH, 1983). Die übermäßige Erhöhung der Trachte kann jedoch zu einer übermäßigen Beugung des Hufbeines und zu einer Änderung der aufkommenden Kräfte durch das Kronbein nach palmar/plantar führen. Dies würde die therapeutische Wirkung dieses Prinzips zunichte machen (LEACH, 1983). Entgegen den Feststellungen von DOHNE (1991), der eine Verlagerung des Gesamtkraftangriffspunktes bei einer Trachtenhochstellung nach dorsal beschreibt, konnten wir die gegenteilige Wirkung feststellen. Unsere Ergebnisse haben gezeigt, daß es durch die Erhöhung der Trachten zu einer Erhöhung der Kräfte im Trachtenbereich kommt und dadurch zu einer Verlagerung des Gewichtes in den Trachtenbereich. Der Gesamtkraftangriffspunkt (der geometrische Ort, an dem die höchste Hufkraft zu einem bestimmten Meßzeitpunkt zu finden ist) wandert demzufolge in Richtung der höheren Kräfte. HERTSCH (1989) empfiehlt eine Verlagerung der Zehenbelastung auf die palmaren bzw. plantaren Anteile des Hufes. Diese sollen zu einem vermehrten Tragen des Körpergewichtes herangezogen und die Hufspitze entlastet werden. Durch unsere Studie können wir dieses vermehrte Tragen der Trachten bei Trachtenhochstellung uneingeschränkt bestätigen.

Es wäre hier von großem Wert, durch eine anatomisch-biomechanische Untersuchung diese Hochstellungsgrenzen zu bestimmen. Unsere Studie beschränkt sich auf den Einsatz eines Keiles von 3cm (bzw. einer Winkelzunahme von etwa 20°).

5.2 Zur Auswahl von Präparaten und Patienten

Anlaß der Unterteilung der Arbeit in einen statischen (in der Druckpresse) und in einen dynamischen (an stehenden Pferden) Ansatz war die Erstellung eines optimalen Modells. Zunächst sollten die biomechanischen Vorgänge untersucht und die Wirkung einer Trachtenhochstellung ohne störende Faktoren (wie Bewegungen, Fehlbelastungen usw.) überprüft werden.

Die Auswahl von Präparaten, die in Höhe des Interkarpalgelenkes abgesetzt sind (Abb. 52), wurde wegen der Einhaltung der Integrität von Gelenks-, Sehnen- und Bändereinheiten gewählt (DENOIX, 1993).

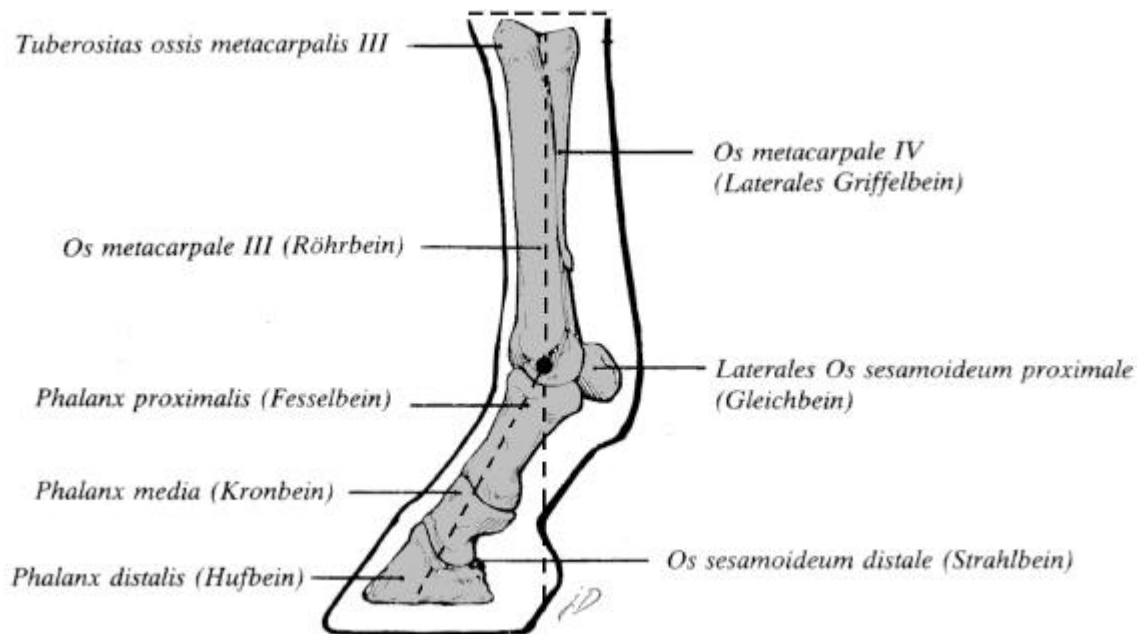


Abbildung 52: Beteiligte Knochenstrukturen bei den statischen Präparaten (STASHAK, 1989)

Den aufgetauten und auf Zimmertemperatur gebrachten Präparaten wird der Huf zubereitet. Anschließend werden diese Präparate in die Druckpresse eingespannt. Mittels einer Metallschelle am distalen Ende des Röhrbeines und einer Metall-Leiste am Dorsalrand des Hufes wird das Präparat fixiert. Entgegen der Versuchsanordnung von KNEZEVIC (1962) und seinem modifizierten Moser'schen Hebelgerät wurde bei unseren Versuchsreihen auf die Fixierung der TBS mittels einer Feder verzichtet. Bei der Ermittlung von Hufkräften in unserer Druckpresse konnte die Fixierung der TBS keine nennenswerten Änderungen der Ergebnisse gegenüber der nicht-fixierten TBS verursachen. Mit Hilfe eines modifizierten Wagenhebers werden die Gewichtskräfte durch Drücken von zwei Platten gegeneinander simuliert. Die zuvor fixierten Druckmeßschuhe ermitteln die entstehenden Hufkräfte, die bei jedem Präparat dreimal wiederholt und gemittelt werden. Nach jeder Messung wird auf die Rückkehr der Ausgangsstellung geachtet.

Identisch mit den Angaben von DOHNE (1991) wird die Versuchsanordnung bei stehenden Pferden durchgeführt. Die Meßschuhe werden kooperativen Tieren an beiden Vorderhufen

angelegt. Etwa eine Stunde zuvor werden die Beschläge dieser Tiere durch einen Hufschmied entfernt und das Körpergewicht ermittelt. Nach einer kurzen Gewöhnungsphase mit den angebrachten Hufschuhen (mit einer ca. 5- bis 10-minütigen Gehübung) werden die Tiere in einen ruhigen Untersuchungsraum mit ebenem Asphaltboden gebracht. Die Messungen erfordern eine parallele Gliedmaßenstellung und eine Bewegungslosigkeit während der Meßzeit von 10 Sekunden. Entgegen der Methodik von DOHNE (1991), wurden die Messungen bei jedem Tier viermal wiederholt und gemittelt.

Für die Auswahl der zu messenden Pferde wurden lahmfreie Tiere mit regelmäßigen Hufformen und regelmäßiger Zehen- und Gliedmaßenstellung ausgesucht, um Störfaktoren in den physikalischen Kräften auszuschließen. Die 30 Pferde wurden von jeweils drei Tierärzten auf Lahmfreiheit, Hufform, Zehen- und Gliedmaßenstellung überprüft.

Bei den fünf Rehepatienten wurde die gleiche Methodik angewandt. Dabei waren die Anbringung der Hufdruckmeßschuhe sowie die Vorbereitung und Durchführung der Messungen wegen der akuten Symptomatik stark erschwert. Die Messungen mußten wegen Bewegungen häufig wiederholt werden.

5.3 Zur Auswahl geeigneter Meßmethoden

Die Auswahl einer geeigneten Methode zur Überprüfung der Theorie einer Trachtenhochstellung erforderte eine Apparatur mit den Fähigkeiten, Kraftverhältnisse (in Newton bzw. kN) punktuell erfassen und auswerten zu können. Eine punktuelle Kraftbestimmung war wegen der Verteilung der Kräfte unter den vier Quadranten des Tragrandes notwendig. Weitere Bedingung war die Messung ohne Beschlag, denn der Einfluß der unterschiedlichen Beschläge - eine Arbeit, die bereits von BARREY (1990(a), 1990(b) und 1992) durchgeführt wurde - sollte bei der Trachtenhochstellung ausgeschlossen werden.

Die zahlreichen, im Schrifttum aufgelisteten Meßapparaturen wurden sorgfältig studiert und miteinander verglichen. Doch konnten die meisten beschriebenen Systeme für die Bewegungsmessung nicht genutzt werden. Weder die Erfassung von statischen Kräften noch die Möglichkeit, die einzelnen Areale des Tragrandes zu erfassen, waren vorhanden. Die Hochfrequenzkinematographie ermöglicht ohne dabei das Pferd in der Bewegung zu

beeinflussen, die durchgehende Erfassung von Bewegungsmustern (RATZLAFF, 1988), ist aber nicht dafür ausgelegt, Standortmessungen durchzuführen. Der Einsatz der gleichen Apparatur auf einem Fahrzeug, um die Gangart des Pferdes besser verfolgen zu können, betrifft ebenfalls die Bewegungskomponente (FREDERICSON et al., 1980). Sowohl die automatischen optischen Bewegungssysteme (RATZLAFF, 1988) als auch die Elektrogoniometrie (RAY, 1979, RATZLAFF, 1988) und die Accelerometrie (DYHRE-POULSEN et al., 1994) finden ihre Anwendung ausschließlich in der Bewegungsmessung.

Weitere Systeme werden von CLAYTON (1986) und RATZLAFF (1988) beschrieben: Die Kraftmeßplatten sind in der Lage, mittels einer im Boden versenkten Metallplatte zweidimensionale Kräfte in der Bewegung zu erfassen. Die von der Metallplatte übermittelten Kräfte werden mit Hilfe von Piezoelementen oder Dehnungsmeßstreifen registriert. Doch auch bei diesem System werden vorwiegend dynamische Kräfte, also Bewegungsmuster erfaßt. Weiterhin werden hier nur Gesamthufkräfte ohne Unterteilung in Quadranten, ermittelt. GINGERICH et al. (1979) und SILVER et al. (1983) nutzten diese Meßapparatur bei der Lahmheitsdiagnostik. Die Pedobarographen können als eine Weiterentwicklung der Kraftmeßplatten angesehen werden. Hier wird statt einer Metallplatte eine Glasplatte eingesetzt, und Videokameras ermitteln die Lichtstreuung zwischen Glasplatte und Kunststoff-Folie (RATZLAFF, 1988).

Die wohl bekannteren Systeme, wie das Kaegi-Equine-Gait-Analysis-System und das Equine-Gait-Analysis-System (EGA) als Weiterentwicklung, stellen sehr perfektionierte Meßapparaturen dar mit sehr genauer Erfassung von Hufkräften (AUER, 1980; RATZLAFF, 1988). Doch auch hier sind Bewegungserfassungen das Hauptziel dieser Systeme. Weiterhin sind diese Einrichtungen sehr aufwendig bezüglich des Platzbedarfs, aber auch wegen des technischen und finanziellen Aufwandes.

Eine in der Literatur beschriebene objektive Alternative sind Hufeisen mit eingeschweißten Druckmeßelementen. Zwei Systeme werden von RATZLAFF et al. (1985) und RATZLAFF (1988) untersucht, das Hufeisen mit einem und das Hufeisen mit drei Drucksensoren. Das Vorhandensein eines einzelnen Meßelementes schließt diese Alternative wegen fehlender Differenzierung einzelner Hufquadranten aus. Das Hufeisen mit drei Drucksensoren stellt eine wirkliche Alternative zu dem von uns ausgesuchten System dar. Zum Ausschluß dieses Prinzips führten die nicht ausreichende

Kraftunterteilung im Hufspitzenbereich mit nur einem Druckmeßelement, aber auch die Notwendigkeit, dieses Hufeisen jedesmal neu am Tier beschlagen zu müssen. Weitere Meßapparaturen, wie die Kraftaufnehmer von BJÖRCK (1958), die Kraftmeßschuhe von HUGELSHOFER (1982), die Druckmeßschuhe von BARREY (1990a, 1990b und 1992) und die Druckmeßschuhe von DOHNE (1991), standen in direktem Vergleich in unserer Auswahl.

Die Entwicklung von BJÖRCK (1958), die von DREVEMO (1986) bei Trabern auf einem Laufband eingesetzt wurde, zeigt die zuvor erwähnte Problematik der fehlenden Differenzierung unter den vier Quadranten auf. Auch hier führt die Notwendigkeit des Beschlages und das nachteilige hohe Eigengewicht von über 2000g zum Ausschluß des Systems.

Das von HUGELSHOFER (1982) genutzte System - eine Meßplatte mit vier sternförmig angebrachten Dehnungsmeßstreifen auf einem zuvor beschlagenen Spezialhufeisen - ist ebenfalls eine alternative Meßmethode für unsere Studie. Doch auch hier sahen wir das Beschlagen mit einem Spezialeisen als Grund für den Ausschluß dieses Systems.

Die Druckmeßschuhe von BARREY (1990a und 1990b) bestehen aus vier Komponenten: dem **Hufschuh** selbst, der **Sohle** in Form eines eingebauten Hufeisens, auf dem sich vier **Druckmeßelemente** in den vier Quadranten des Tragrandes befinden, und einem angebrachten **Accelerometer** für die Bestimmung der Beschleunigung.

Die Hufdruckmeßschuhe, die DOHNE (1991) in seiner Arbeit nutzt, können als das Vorgängersystem unserer Hufschuhe angesehen werden. Ein im Sortiment vorhandener CLOG-Hufschuh der Firma DALLMER wurde so umgebaut, daß mit Hilfe von drei in Polyurethan eingebetteten Drucksensoren eine Meßzelle im Hufspitzenbereich und jeweils eine Meßzelle im lateralen und im medialen Trachtenbereich die Hufkräfte erfaßt.

Die Entscheidung über das Meßsystem für unsere Studie lag zwischen den Druckmeßschuhen von BARREY (1990(a) und 1990(b)) und den von DOHNE (1991) genutzten Hufdruckmeßschuhen. In Anlehnung an die Arbeit von DOHNE (1991) mit einem ähnlichen System erschien die Entscheidung für diese Meßapparatur am besten. Unsere Apparatur wurde um einen weiteren Drucksensor perfektioniert, dadurch konnten

die Hufkräfte unter jedem Quadranten des Tragrandes bei unbeschlagenen Pferden im Stand und in Bewegung gemessen werden.

5.4 Zur Bedeutung der gemessenen Hufkräfte

Die gemessenen Hufkräfte (in Newton) stellen die Kräfteverhältnisse dar, denen ein Huf durch das Körpergewicht ausgesetzt ist. Unter Berücksichtigung des Gewichtes läßt sich die einwirkende Kraft mit der resultierenden Kraft unter dem Huf miteinander vergleichen und die Hufkräfte quantifizieren. Die Bedeutung der Hufkräfte kann somit auf die Einflüsse des Gewichtes (oder der Gesamtkraft) auf die verschiedenen anatomischen Strukturen des Beines, in unserem Falle des Zehenendorgans, ausgeweitet werden.

Das Vorhandensein von vier selbständigen Druckrezeptoren jeweils im Bereich der äußeren Hufspitze, äußeren Trachte, inneren Trachte und inneren Hufspitze ermöglicht eine punktuelle Krafterfassung in diesen einzelnen Gebieten. Dies bedeutet eine getrennte Analyse der einzelnen Hufquadranten unter verschiedenen Einflüssen durch die Bodenfläche.

In der Literatur wurden wenige Ergebnisse über die Kraftverteilung unter den vier Quadranten des Tragrandes gefunden. Einzig die Arbeit von DOHNE (1991) weist auf Ermittlungen von Gesamtkraftangriffspunkten (zusammengesetzt aus drei Druckrezeptoren) im Stand hin. Hier wurde entgegen unseren Ergebnissen bei einer Trachtenhochstellung eine Verlagerung des GKA nach dorsal und nach palmar bei einer Hochstellung der Hufspitze festgestellt. Diese Feststellung wurde bei Pferden mit einem Hufwinkel von 45 bis 50° ermittelt, bei einem Hufwinkel größer als 60° hingegen verlagert sich der GKA wieder nach palmar. Unsere Ergebnisse zeigen eine andere Tendenz, nämlich eine Verlagerung des GKA nach palmar bei Trachtenhochstellung und nach dorsal bei Hochstellung der Hufspitze (unsere Tiere hatten alle einen Hufwinkel zwischen 44 und 52°). BARREY (1990b) stellt bei unbeschlagenen Pferden im Schritt eine niedrigere Belastung der Trachten beim stumpfen Huf ab 55° (57% der Hufkraft) als beim spitzen Huf ab 39° (75% der Hufkraft) fest. Doch hier bleibt der biomechanische Einfluß der Trachtenhochstellung unberücksichtigt.

DOHNE (1991) ermittelt durchschnittliche Werte von 1,41 kN (entspricht 2,69 N/Kg) mit Schwankungen von 0,84 kN bis 2,26 kN von 30 untersuchten Tieren. Unsere Werte zeigen durchschnittliche Hufkräfte von 1,31 kN (entspricht 2,61 N/Kg) und eine Streuung von 0,68 kN bis 1,81 kN. Diese Ergebnisse an stehenden Pferden sind durchaus mit den Werten von DOHNE (1991) vergleichbar, wenn auch geringgradige Schwankungen, besonders in der Amplitude der Werte, feststellbar sind.